

# Precio del agua y relocalización del recurso en la economía andaluza. Una aproximación desde un modelo de equilibrio general aplicado

M. ALEJANDRO CARDENETE  
GEOFFREY J.D. HEWINGS  
ESTHER VELÁZQUEZ



El Centro de Estudios Andaluces es una entidad de carácter científico y cultural, sin ánimo de lucro, adscrita a la Consejería de la Presidencia de la Junta de Andalucía.

El objetivo esencial de esta institución es fomentar cuantitativa y cualitativamente una línea de estudios e investigaciones científicas que contribuyan a un más preciso y detallado conocimiento de Andalucía, y difundir sus resultados a través de varias líneas estratégicas.

El Centro de Estudios Andaluces desea generar un marco estable de relaciones con la comunidad científica e intelectual y con movimientos culturales en Andalucía desde el que crear verdaderos canales de comunicación para dar cobertura a las inquietudes intelectuales y culturales.

**Las opiniones publicadas por los autores en esta colección son de su exclusiva responsabilidad**



# Precio del agua y relocalización del recurso en la economía andaluza. Una aproximación desde un modelo de equilibrio general aplicado

M. Alejandro Cardenete  
Universidad Pablo de Olavide  
Geoffrey J.D. Hewings  
Universidad de Illinois (Urbana-Champaign)  
Esther Velázquez  
Universidad Pablo de Olavide

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo consiste en analizar los efectos que tendría un incremento en la tarifa del agua del sector agrario sobre la conservación del recurso, la eficiencia en el consumo y la posible relocalización del mismo entre los diferentes sectores productivos. La política tarifaria se aplicará sobre el sector agrario debido, por un lado, al excesivo consumo de agua realizado por dicho sector y, por otro, al bajo precio pagado por ella. La metodología que se utilizará para alcanzar el objetivo propuesto consistirá en un modelo de equilibrio general aplicado (MEGA), previamente diseñado para el análisis de impuestos directos de la economía andaluza (Cardenete y Sancho, 2003), mejorado y ampliado para incluir las emisiones contaminantes y la introducción de impuestos ambientales (André, Cardenete y Velázquez, 2005). Este modelo se modificará para introducir las variaciones en la tarifa del agua que trataremos de analizar mediante la introducción de un impuesto sobre la estructura de producción.

**Palabras clave:** reformas impositivas ambientales, equilibrio general aplicado, precio del agua.

## ABSTRACT

The objective of this work is to analysis the effects that it would have an increment in the price of the water of the agrarian sector on the conservation of the resource, the efficiency in the consumption and the possible relocation of the same one among the different productive sectors. The tariff politics would be applied on the due agrarian sector, on one hand, to the excessive consumption of water carried out by this sector and, for other, to the low price paid by it. The methodology that will be used to reach this objective will consist on an applied general equilibrium model (CGE), designed previously for the analysis of direct taxes of the Andalusian economy (Cardenete and Sancho, 2003), enhanced and extended to include the polluting emissions and the introduction of environmental taxes (André, Cardenete and Velázquez, 2005). This model will be modified to introduce the variations in the price of the water that we will try to analyze by means of the introduction of a tax on the production structure.

**Keywords:** environmental tax reforms, applied general equilibrium, water price.

**JEL classification:** C56, D58, H21, H22.

## 1. Introducción

Es por todos conocido el problema de escasez de agua que sufre Andalucía en determinados años de sequía y la competencia que se establece entre los diferentes usos por este preciado recurso. A pesar de ello, el consumo de agua realizado por los sectores productivos de la región parece ser poco racional hasta el punto que la economía andaluza se caracteriza por tener un sistema productivo intensivo en agua (Velázquez, 2005). A ello contribuyen muchos factores: la pobre y obsoleta cultura del agua; el sistema de precios y tarifas del recurso; el sistema de concesiones de uso y demás aspectos institucionales que enmarcan la gestión, etc. Es imposible abarcar el análisis de todos ellos en un solo proyecto como éste pero sí es posible, y entendemos que necesario, iniciar una nueva senda donde se analicen algunos de estos factores y la repercusión que determinadas políticas podrían tener sobre la gestión y conservación de los recursos hídricos y sobre la propia economía andaluza.

Ante esta situación, el objetivo de este proyecto es doble. Por un lado, tratamos de analizar los posibles efectos que tendría un incremento en la tarifa<sup>2</sup> del agua consumida por los sectores agrarios sobre la economía andaluza y sobre la conservación del recurso y, por otro, estudiamos la relocalización del agua que se produce entre los diferentes sectores productivos y la eficiencia de la misma. El sector elegido para simular el incremento de la tarifa es el agrario por dos motivos. En primer lugar, y como es bien sabido, la agricultura es uno de los mayores consumidores de agua absorbiendo más del 80% de los recursos de la región, por lo que parece razonable -si queremos alcanzar una senda sostenible- comenzar por los usos más consuntivos de agua; y, en segundo lugar, el precio pagado por el agua en este sector es irrisorio –por término medio se paga 0.01 €/m<sup>3</sup>-. Estos dos factores –el excesivo consumo de agua y el bajo precio pagado por ella- hacen del sector agrario, en nuestra opinión, el más apropiado para iniciar la simulación de una política tarifaria con los objetivos planteados.

---

<sup>12</sup> El término más adecuado a los efectos que aquí estudiamos es “tarifa” del agua pues el “precio”, como concepto económico, se forma en el mercado como resultado de la intersección entre oferta y demanda. Dado que no existe un mercado del agua en el sector agrario y, por lo tanto, no se puede hablar de precio en sentido estricto, preferimos utilizar el concepto de tarifa. No obstante, en el título hemos optado por la palabra precio por ser un término más coloquial.

La metodología que utilizamos para alcanzar el objetivo propuesto es un modelo de equilibrio general computable que sigue la doctrina tradicional de equilibrio walrasiano –Scarf y Shoven (1984), Ballard et al. (1985) o Shoven y Whalley (1992)-, ampliado con la inclusión del sector público y del sector exterior. El modelo de equilibrio general aplicado -previamente diseñado para el análisis de impuestos directos de la economía andaluza (Cardenete y Sancho, 2003), mejorado y ampliado para incluir las emisiones contaminantes y la introducción de impuestos ambientales (André, Cardenete y Velázquez, 2005)- lo modificamos para introducir las variaciones en el precio del agua que analizamos mediante la introducción de un impuesto sobre la estructura de producción, a modo de incremento real del precio de dicho recurso.

La estructura de este trabajo es la siguiente. Tras esta introducción, en el segundo apartado planteamos el estado de la cuestión para determinar el punto de partida y la aportación realizada; en el segundo, desarrollamos la aportación teórica y explicamos el modelo utilizado; en el tercero, analizamos los resultados obtenidos y finalizamos con un apartado de conclusiones.

## **2. Estado de la cuestión**

A continuación haremos una breve<sup>3</sup> revisión de los antecedentes y del estado de la cuestión de los aspectos de fondo -esto es, del análisis integrado del consumo de agua y las variables económicas y, especialmente, del interesante tema de los precios del agua en la agricultura y la relocalización de los recursos hídricos-; y repasaremos los trabajos que utilizan los modelos de equilibrio general como metodología de análisis para tal fin.

Aunque los primeros estudios y los primeros modelos que se desarrollaron para integrar las necesidades de agua con las variables económicas datan de los años cincuenta, éstos se abandonaron debido a las dificultades metodológicas para introducir dichas variables en los modelos elaborados y operar posteriormente con ellos. El primer trabajo que consigue vencer estas dificultades fue el Lofting y McGauhey (1968) en el que introducen las necesidades de agua como factor productivo en un modelo tradicional input-output y tratan así de evaluar las necesidades hídricas del sistema productivo

---

<sup>3</sup> Dada la amplitud de temas y el elevado volumen de trabajos que los combinan, no es nuestro objetivo hacer una relación extensiva de los mismos, sino presentar los que entendemos más representativos y los que de alguna forma han guiado nuestro estudio.

californiano. Posteriormente, han sido numerosos los trabajos que, aplicando la metodología input-output, analizan las relaciones entre el consumo de agua y los sectores productivos (Sánchez-Chóliz, Bielsa y Arrojo, 1992; Bielsa 1998; Duarte, 1999; Duarte, Sánchez-Chóliz y Bielsa, 2002; Velázquez, 2005).

Profundizando en los diferentes aspectos de los recursos hídricos y centrándonos en el interesante debate del precio del agua, han sido prolijos los trabajos que han tratado el tema con diferentes metodologías. Desde las magníficas revisiones del tema realizadas por Johanson et al (2002) y por Dinar y Subramanian (1998); pasando por los métodos de programación lineal utilizados por Berbel y Gómez-Limón (2000) y Doppler et al (2002); hasta los trabajos que utilizan modelos input-output, entre los que cabría destacar el trabajo de Sáenz de Miera (1998).

Dando el salto metodológico hacia los modelos de equilibrio general, podemos decir que son numerosos los trabajos que aplican los MEGAS con el mismo, o parecido, objetivo. Uno de los pioneros fue el trabajo de Dixon (1990) en el que ofrece indicaciones a las autoridades públicas de Melbourne, Sydney y Perth para determinar el precio del agua. Es interesante también el trabajo de Kumar y Young (1996) donde ilustran cómo ampliar una Matriz de Contabilidad Social (SAM, en sus siglas inglesas) incorporando los recursos hídricos y analizar cuáles podrían ser las implicaciones de cara a la política de precios del agua. De una forma similar, Susangkarn y Kumar (1997) utilizan un modelo de equilibrio general para incorporar el consumo de agua; la aportación metodológica que realizan plantea cómo modificar el modelo para incorporar el agua en la SAM como un sector productivo separado. El trabajo de Decaluwé et al. (1999) desarrolla un modelo de equilibrio general aplicado para comparar diferentes políticas de precios de agua y para analizar cómo producir dicho recurso con diferentes tecnologías. Seung et al. (2000b) utiliza un MEGA para analizar la relocalización de los recursos hídricos y, posteriormente (Seung et al. 2000a), mediante un modelo dinámico, analiza los efectos temporales de la relocalización del agua desde los sectores agrarios a los usos recreativos en las zonas rurales de Nevada. Finalmente, señalar el trabajo de Briand (2004) en el que construye un modelo estático para Senegal con el objetivo de estimar el impacto en la producción y en el empleo de una política de precios del agua.

### 3. Aproximación teórica

#### 3.1. El modelo

El modelo utilizado está compuesto por 24 sectores productivos que se corresponden con una agregación de las tablas input-output de Andalucía para 1990. La tecnología productiva se corresponde con lo que, en la nomenclatura de los modelos de equilibrio general aplicado, se conoce como *función de producción anidada*. La producción doméstica (o interior) del sector  $j$ , denotada por  $Xd_j$ , utiliza como factores la producción del resto de los sectores, así como los factores primarios (trabajo,  $L$  y capital,  $K$ ) –que se combinan entre sí siguiendo una tecnología Cobb-Douglas y que proporcionan el valor añadido de dicho sector,  $VA_j$ - combinados mediante una tecnología de coeficiente fijos o de Leontief. La producción total  $Q_j$  es el resultado de combinar la producción doméstica  $Xd_j$  con las importaciones equivalentes  $Xrow_j$ , con una tecnología Cobb-Douglas, siguiendo la hipótesis de Armington (1969). Se trata, por lo tanto, de un modelo de equilibrio general aplicado estático y que plantea el efecto de la introducción de las medidas tarifarias sin la posibilidad de un cambio tecnológico –salvo en la sustitución de factores en la función del valor añadido. Esta definición del modelo permite analizar de una forma verosímil los hipotéticos cambios planteados en este trabajo en la gestión del recurso hídrico en un escenario a corto plazo.

Siguiendo con la estructura del modelo, el gobierno grava las transacciones económicas, obteniendo de este modo una recaudación impositiva<sup>4</sup>,  $R$ ; influye sobre la renta disponible del consumidor  $YDISP$ , efectúa transferencias al sector privado  $TPS$  y demanda bienes y servicios  $GD_j$ . La diferencia entre sus ingresos y sus pagos representa el saldo (superávit o déficit) del presupuesto público  $PD$ , según la siguiente expresión<sup>5</sup>:

$$PD = R - TPScpi - GD_j p_j \quad (1)$$

---

<sup>4</sup> Véase en André, Cardenete y Velázquez (2005) con mayor detalle la forma de calcular todos los impuestos directos e indirectos del modelo.

<sup>5</sup> En nuestro modelo entenderemos por Administración Pública a todas las existentes en el territorio de la Comunidad Autónoma, estos es: Locales -diputaciones, municipios y otras entidades-, Autonómicas -consejerías y organismos autónomos-, e incluso las de la Administración Central o del Estado en lo que respecta a su actividad en el territorio económico regional. Se incluyen también las empresas, institutos, fundaciones, etc., que se financien en más de un 50% con transferencias de otras administraciones.

donde  $cpi$  es el Índice de Precios de Consumo y  $p_j$  es el nivel de precios de producción (antes de IVA) de los bienes del sector  $j$ .

Especial atención merece la introducción del precio del agua a modo de *impuesto ambiental*, que forma parte de los ingresos del Sector Público,  $R$ , en las simulaciones planteadas. Sea  $Wd_j$  el consumo directo de agua del sector productivo  $j$ , medido en metros cúbicos. Si  $Y_j$  representa el valor de la producción del sector  $j$  medido en euros, podemos establecer la siguiente relación entre ambas variables:

$$Wd_j = \alpha_j Y_j \quad (2)$$

donde  $\alpha_j$  es un indicador que mide consumo de agua directo por euro de producción en el sector  $j$ .

Introducimos un impuesto “ad quantum” sobre el agua con un tipo impositivo, (que, dada la tecnología de consumo de agua, es al mismo tiempo el tipo medio y marginal), igual a  $w$  euros por metro cúbico de agua para el sector agrario. De este modo, el pago realizado por el sector agrario en concepto de este impuesto ambiental será igual a:

$$R_{AGUA} = \sum_{j=1}^{24} wt_1(1 + \tau_1) \left( \sum_{i=1}^n a_{i1} p_i Xd_{i1} + ((1 + EC_1)wl_1 + rk_1)VA_{i1} \right) + \sum_{j=1}^{24} wt_1(1 + t_1) rowp_{j1} a_{rm1} Q_1 \quad (3)$$

siendo  $\tau_1$  el impuesto sobre producción,  $a_{i1}$  el coeficiente técnico del sector agrario con respecto al resto de los sectores productivos,  $EC_1$  la cuota patronal a la Seguridad Social,  $w$  el salario,  $l_1$  el coeficiente técnico del trabajo,  $r$  el precio del capital,  $k_1$  el coeficiente técnico del capital,  $VA_{i1}$  el valor añadido,  $t_1$  las tarifas,  $rowp_{j1}$  el precio del sector exterior,  $a_{rm1}$  el coeficiente técnico del sector exterior y  $Q_1$  el output total. Todos los parámetros y variables anteriores están referenciadas para el sector agrario.

El sector exterior se agrega en tres grandes áreas de comercio (Resto de España, Europa y Resto del Mundo) y su déficit o superávit viene dado por  $ROWD$ .

$$ROWD = \sum_{j=1}^{24} rowp_{j1} IMP_j - TROW - \sum_{j=1}^{24} rowp_{j1} EXP_j \quad (4)$$

donde  $IMP_j$  representa las importaciones de productos extranjeros del sector  $j$ ,  $EXP_j$  las exportaciones de productos del sector  $j$  y  $TROW$  las transferencias procedentes del exterior para el consumidor.

La demanda final proviene de varios sectores. Por un lado, los sectores de demanda no consumida, la inversión y las exportaciones; por otro lado, la demanda de bienes de consumo de las familias. En nuestro caso contaremos con 24 tipos de bienes – identificados con los sectores productivos- y un consumidor representativo que demanda bienes de consumo presente. El resto de su renta disponible constituye su ahorro. Las compras de este consumidor representativo se financian, principalmente, con los ingresos derivados de la venta de sus dotaciones iniciales de factores. La renta disponible del consumidor representativo ( $YDISP$ ) viene dada por la suma de su rentas del trabajo, más las transferencias que recibe, menos los impuestos directos a los que está sometido:

$$YDISP = wL + rK + cpi TPS + TROW - DT(rK + cpi TPS + TROW) - DT(wL - WCwL) - WCwL \quad (5)$$

donde  $w$  y  $r$  serán los precios de los factores trabajo y capital respectivamente y  $L$  y  $K$  representan las cantidades de dichos factores que vende el consumidor,  $DT$  el tipo impositivo directo (o IRPF) y  $WC$  cuota obrera a la Seguridad Social. El objetivo del consumidor consiste en maximizar la utilidad que le reportan los bienes de consumo  $CD_j$  y de ahorro  $SD$ , conforme a una función del tipo Cobb-Douglas, sujeto a la restricción presupuestaria que establece su renta disponible.

$$\begin{aligned} \text{maximizar} \quad & U(CD_j, SD) = \left( \prod_{j=1}^{24} CD_j^{\alpha_j} \right) SD^{\beta} \\ \text{s.a.} \quad & p_j CD_j + invp SD = YDISP \end{aligned} \quad (6)$$

Respecto a la inversión y el ahorro, es conveniente decir que éste es un modelo de los denominados *saving driven model*, éste es, un modelo en el que la ecuación de cierre se

define de tal forma que la inversión es exógena, el ahorro se determina por la decisión de los consumidores al maximizar su utilidad y se deja que los déficits, tanto los del sector público como los del sector exterior, se determinen endógenamente conforme a la siguiente identidad contable:

$$\sum_{j=1}^{24} INV_j p_{inv} = SDpinv + PD + ROWD \quad (7)$$

donde  $p_{inv}$  es un índice de precios de los bienes de inversión.

Respecto al mercado de factores, las demandas de trabajo y de capital se calculan suponiendo que las empresas minimizan el coste de producir el valor añadido. La oferta de capital se supone inelástica y la oferta de trabajo se supone perfectamente elástica al salario real, que depende de la tasa de desempleo, conforme a la especificación utilizada en Kehoe et al. (1988). Además, los niveles de actividad del gobierno y de los sectores exteriores son fijos, permitiendo que funcionen como variables endógenas los precios relativos, los niveles de actividad de los sectores productivos y los déficits público y exterior, como acabamos de explicar.

El equilibrio de la economía es una situación en la que el consumidor maximiza su utilidad, los sectores productivos maximizan sus beneficios netos de impuestos y los ingresos del sector público coinciden con los pagos de los diferentes agentes económicos. En este equilibrio, las cantidades ofrecidas son iguales a las demandadas en todos los mercados.

Formalmente, el modelo reproduce un estado de equilibrio de la economía andaluza donde las funciones de oferta y demanda de todos los bienes se obtienen como la solución de los problemas de maximización de la utilidad y los beneficios. El resultado es un vector de precios de bienes y de factores, de niveles de actividad y de recaudaciones impositivas tales que satisfagan las condiciones anteriormente descritas.

### **3.2. Base de datos y calibración**

La especificación numérica de los parámetros de los modelos se ha realizado a partir de una matriz de contabilidad social de Andalucía para 1990 (SAMAND90) (Cardenete, 1998), mediante el método conocido como *calibración*, concedores de las ventajas y

problemas de este método de estimación (Mansur y Whalley, 1984), computándose los siguientes parámetros: coeficientes técnicos de los sectores productivos, tanto interiores como exteriores; coeficientes técnicos de los factores productivos que producen el valor añadido unitario; tipos impositivos de todos los impuestos, tanto directos como indirectos; coeficientes de participación de las funciones de utilidad de los consumidores, que siguen una estructura de tipo Cobb-Douglas; coeficientes de participación y parámetros de escala de la función del valor añadido que sigue la misma tecnología Cobb-Douglas; coeficientes técnicos del valor añadido; los coeficientes técnicos de los bienes intermedios; los coeficientes técnicos de los bienes importados; y los coeficientes técnicos de los bienes interiores.

Estos parámetros se han especificado asignándoles los valores que permiten reproducir la matriz de contabilidad social como un equilibrio de la economía. Dicho equilibrio se ha definido de forma que todos los precios y los niveles de actividad son unitarios. Ello permite además que, después de la simulación efectuada, las variaciones porcentuales en dichos precios, en términos relativos, y los niveles de actividad en términos absolutos, se puedan observar directamente.

La matriz de contabilidad social está formada por 24 sectores industriales, dos factores productivos (trabajo y capital), una cuenta de ahorro/inversión, una cuenta de administración pública, los impuestos directos (IRPF y cuota obrera) e indirectos (cuota empresarial, IVA, impuesto sobre producción y tarifas), un único sector exterior y un consumidor representativo.

Por otro lado, los datos de consumo de agua se han obtenido del trabajo realizado por la Agencia de Medio Ambiente<sup>6</sup> de la Junta de Andalucía (1995) –(TIOMA90)-. En dichas tablas se recogen los datos de consumo de agua desagregados sectorialmente en 74 sectores. Estos 74 sectores tuvieron que agregarse a 16 para compatibilizar esta fuente de datos con la matriz de contabilidad social utilizada.

#### **4. Aplicación empírica**

Con el modelo desarrollado en el apartado anterior hemos simulado una política que afecta a la tarifa del agua del sector agrario, con cinco escenarios diferentes. Partiendo de una situación inicial en la que suponemos que la tarifa pagada por el sector fuera de 0.006 euros el metro cúbico, los cinco escenarios aludidos son los siguientes: 1º)

---

<sup>6</sup> Actualmente, Consejería de Medio Ambiente.

pasamos de 0.006 €/m<sup>3</sup> a 0.01 €/m<sup>3</sup>; 2º) pasamos de 0.006 €/m<sup>3</sup> a 0.03 €/m<sup>3</sup>; 3º) pasamos de 0.006 €/m<sup>3</sup> a 0.06 €/m<sup>3</sup>; 4º) pasamos de 0.006 €/m<sup>3</sup> a 0.09 €/m<sup>3</sup> y 5º) pasamos de 0.006 €/m<sup>3</sup> a 0.12 €/m<sup>3</sup>. Como se puede apreciar, la simulación realizada supone ir incrementando paulatinamente la tarifa hasta alcanzar unos niveles considerablemente altos, lo que supondría un fuerte sacrificio para el sector afectado.

En el modelo presentado hemos definido un indicador de consumo directo (ecuación 2)  $-\alpha_j$  - que mide la cantidad de agua consumida de forma directa por euro de producción en el sector  $j$ . La comparación de cada indicador, antes y después de aplicar la política tarifaria, para cada uno de los escenarios contemplados (tabla 1), parece indicar que dicha política no parece la más adecuada si el objetivo perseguido es el ahorro de agua en la agricultura. En efecto, podemos observar cómo, en el caso más drástico de una subida en la tarifa a 0.12 €/m<sup>3</sup> (alternativa 5ª), el consumo de agua por unidad producida en la agricultura se reduciría únicamente un 0.47%. Es decir, ante un fuerte aumento de la tarifa del agua en el sector, el consumo permanecería prácticamente invariable. Con los datos agregados manejados es difícil dar una explicación razonada a este hecho; es posible que, ante una situación de coeficientes técnicos constantes –y por lo tanto, nula innovación técnica- la elasticidad de la demanda<sup>7</sup> de agua en el sector agrario fuera relativamente rígida.

Tal vez los resultados más interesantes se deriven del análisis de la relocalización del agua que se produce tras la aplicación de la política. Dado el consumo directo de agua necesario para generar la producción de un determinado sector –que lo denominamos consumo directo total ( $W_{dTi}$ )-, podemos decir que la política tarifaria genera una relocalización del recurso si con ella se reduce el consumo directo total de agua en dicho sector y pasa a ser consumida por otros. Así, la relocalización producida en un sector (i) podríamos cuantificarla mediante un indicador ( $\beta_i$ ) definido como la variación entre el consumo directo total de un sector antes y después de aplicar la política en cuestión ( $\beta_i = W_{dTi(t=1)} - W_{dTi(t=0)} / W_{dTi(t=0)}$ ). Así definido, si el indicador de relocalización es negativo, el sector en cuestión estará consumiendo menos cantidad de agua tras aplicar la política y, si es positivo, estará consumiendo más cantidad.

<sup>7</sup> Es necesario aclarar que no podríamos hablar de “demanda” de agua tal como se entiende este concepto en Economía pues la demanda responde a un precio que se forma en un mercado. En el caso estudiado, no existe tal mercado ni dicho precio. Al hablar de demanda en este contexto nos estamos refiriendo al consumo de agua.

Tabla 1. Indicador de Consumo Directo (variación porcentual).

	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>
1 Agricultura	-0.02	-0.12	-0.26	-0.32	-0.47
2 Extractiva	0.82	7.09	15.15	12.95	30.31
3 Agua	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 Metalurgia	0.17	-0.46	-1.11	2.26	2.31
5 Materiales construcción	0.05	-2.41	-5.34	0.23	6.79
6 Ind. Química y Plásticos	-0.05	0.32	0.18	-0.60	-2.46
7 Maquinaria	0.37	-18.40	-19.03	4.21	-337.07
8 Vehículos y Material Transporte	-1.22	-22.28	-33.66	-18.13	1.97
9 Ind. Agroalimentaria	-2.32	3.19	13.60	-38.71	-13.19
10 Textil, Confección, Cuero y Calzado	-1.14	-3.80	14.83	-15.21	130.34
11 Ind. Madera y Papel	0.00	0.28	-0.41	-0.08	2.08
12 Otras Manufacturas	-1.87	-104.60	-829.45	-19.81	-903.66
13 Construcción	-0.15	1.83	-0.47	3.57	23.01
14 Comercio, Restauración, Hostelería	-0.73	-4.16	-17.96	-8.30	-15.27
15 Transportes y Comunicación	-0.07	-18.56	8.10	-36.62	-206.72
16 Otros Servicios	1.63	19.05	3.02	27.00	55.71

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en la tabla 2, la relocalización se produce, fundamentalmente y analizándola en términos medios (y obviando los resultados del sector de Otras manufacturas (12) que debido a la fuerte agregación de sectores presenta unas cifras que distorsionan el análisis y no conducen a conclusiones reales)-, desde los sectores de maquinaria (7) y transporte y comunicaciones (15) –y en menor medida desde vehículos y material de transporte (8), agroalimentaria (9) y comercio, restauración y hostelería (14) y agricultura (1)- hacia la industria extractiva (2), textil, confección, cuero y calzado (10), servicios (16) –salvo comercio, restauración y hostelería- y construcción (13). Llama la atención cómo, si bien es cierto que se reduce la cantidad consumida en el sector agrario tras la política tarifaria, y ese recurso será consumido por otros sectores productivos, esa reducción es mínima (no llega al 3% con el máximo incremento de la tarifa). Dado que el aumento tarifario se ha aplicado únicamente sobre el sector primario, cabría esperar que la mayor reducción en el consumo de agua se produjera en este sector. No obstante, esta intuitiva y esperada idea no se produce, probablemente, debido a la rigidez de la demanda de agua del sector agrario aludida anteriormente.

Tabla 2. Relocalización del agua (variación porcentual).

	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	Media
1 Agricultura	-0.14	-0.72	-1.44	-2.08	-2.79	-1.44
2 Extractiva	0.80	6.99	14.93	12.62	29.81	13.03
3 Agua	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 Metalurgia	0.16	-0.50	-1.19	2.13	2.13	0.54
5 Materiales construcción	0.02	-2.55	-5.61	-0.20	6.15	-0.44
6 Ind. Químicas y plásticos	-0.09	0.11	-0.25	-1.25	-3.30	-0.95
7 Maquinaria	0.34	-18.52	-19.28	3.73	-335.61	-73.87
8 Vehículos y Material de transporte	-1.26	-22.44	-33.93	-18.64	1.11	-15.03
9 Ind. Agroalimentaria	-2.39	2.82	12.80	-39.36	-14.41	-8.11
10 Textil, confección, cuero y calzado	-1.21	-4.12	14.04	-16.08	127.18	23.96
11 Ind. Madera y papel	-0.04	0.11	-0.75	-0.60	1.37	0.02
12 Otras manufacturas	-1.93	-104.59	-824.53	-20.62	-892.79	-368.89
13 Construcción	-0.18	1.65	-0.83	2.99	22.06	5.14
14 Comercio, Restauración y hostelería	-0.78	-4.40	-18.38	-9.00	-16.14	-9.74
15 Transporte y comunicaciones	-0.10	-18.69	7.74	-36.93	-206.01	-50.80
16 Otros servicios destinados y no a la venta	1.61	18.95	2.85	26.68	55.18	21.05

Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, interesa analizar los efectos que la política tarifaria planteada tendría sobre la producción sectorial. Los resultados derivados del modelo para los cinco escenarios estudiados se recogen en la tabla 3. Llama la atención que la política tarifaria tiene poca repercusión sobre la producción total -es prácticamente inapreciable en el primer escenario considerado (-0.66%), alcanzando una reducción significativa únicamente ante fuertes incrementos de la tarifa (-10.03% y -13.44%)-. Sin embargo, sí parece que se produce una reducción de la producción en alguno de los sectores más dinámicos de la economía andaluza debido a las fuertes necesidades de *inputs* agrarios que presentan -industria agroalimentaria (9); textil, confección, cuero y calzado (10) y comercio, restauración y hostelería (14)-. Este hecho respaldaría la hipótesis anteriormente aludida sobre la posible rigidez de la demanda de agua en el sector agrario ante la imposibilidad de cambios técnicos en los sistemas de riego. Esta rigidez empujaría al agricultor a seguir consumiendo, prácticamente, la misma cantidad de agua, que pagaría ahora más cara. El aumento de la tarifa repercutiría en los costes del agricultor que, ante la imposibilidad de recortarlos vía reducción del consumo, los trasladaría al comprador, afectando negativamente a la producción del resto de la economía regional.

Tabla 3. Producción Real (variación porcentual).

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
1 Agricultura	-0.12	-0.60	-1.18	-1.76	-2.34
2 Extractiva	-0.02	-0.10	-0.19	-0.29	-0.39
3 Agua	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 Metalurgia	-0.01	-0.04	-0.08	-0.13	-0.18
5 Materiales construcción	-0.03	-0.14	-0.28	-0.43	-0.59
6 Ind. Química y Plásticos	-0.04	-0.22	-0.43	-0.65	-0.86
7 Maquinaria	-0.03	-0.15	-0.30	-0.46	-0.62
8 Vehículos y Material Transporte	-0.04	-0.20	-0.41	-0.62	-0.84
9 Ind. Agroalimentaria	-0.07	-0.35	-0.71	-1.06	-1.41
10 Textil, Confección, Cuero y Calzado	-0.07	-0.34	-0.68	-1.03	-1.37
11 Ind. Madera y Papel	-0.03	-0.17	-0.34	-0.52	-0.70
12 Otras Manufacturas	-0.07	-0.34	-0.67	-1.01	-1.35
13 Construcción	-0.03	-0.17	-0.36	-0.56	-0.77
14 Comercio, Restauración, Hostelería	-0.05	-0.25	-0.50	-0.76	-1.02
15 Transportes y Comunicación	-0.03	-0.16	-0.33	-0.50	-0.67
16 Otros Servicios	-0.02	-0.08	-0.17	-0.25	-0.34
Variación Total	-0.66	-3.31	-6.65	-10.03	-13.44

Fuente: Elaboración Propia.

Por último, es también interesante analizar la eficiencia en el consumo de agua tras la aplicación de la política. Podemos decir que la política aplicada es eficiente si la cantidad consumida de forma directa por unidad producida tras aplicar la política es menor que la cantidad consumida antes de aplicar dicha política. Con esta idea, podemos definir un indicador de eficiencia ( $\delta_i$ ) como el cociente entre el indicador de consumo directo de agua de un sector después y antes de implantar la política ( $\delta_i = \alpha_{i(t=1)} / \alpha_{i(t=0)}$ ). Si este indicador es mayor que la unidad quiere decir que el consumo directo de agua por unidad producida es mayor después de aplicar la política que antes de la misma, dando pues muestras de ineficiencia. En el caso contrario, estaríamos en un caso de eficiencia.

En la tabla 4 se aprecia cómo se produce un claro deterioro en la eficiencia del consumo de agua en el conjunto de la economía, pasando de un valor 1.04 en la primera simulación a 1.82 en la aplicación de la tarifa más alta. Así pues, un incremento de la tarifa de agua sobre el sector agrario no sólo no contribuye a reducir significativamente el consumo de agua en el sector, y afecta negativamente a la producción regional, sino que además no se consigue incrementar la eficiencia en el consumo de agua para el conjunto de la economía.

Tabla 4. Indicador de Eficiencia en el Consumo de Agua.

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
1 Agricultura	0.99978	0.99877	0.99743	0.99676	0.99531
2 Extractiva	1.00821	1.07091	1.15154	1.12948	1.30315
3 Agua	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
4 Metalurgia	1.00166	0.99537	0.98892	1.02263	1.02315
5 Materiales construcción	1.00049	0.97587	0.94658	1.00234	1.06787
6 Ind. Química y Plásticos	0.99953	1.00322	1.00183	0.99397	0.97545
7 Maquinaria	1.00368	0.81598	0.80967	1.04206	-2.37066
8 Vehículos y Material Transporte	0.98782	0.77719	0.66344	0.81871	1.01965
9 Ind. Agroalimentaria	0.97682	1.03186	1.13601	0.61293	0.86812
10 Textil, Confección, Cuero y Calzado	0.98861	0.96205	1.14829	0.84791	2.30342
11 Ind. Madera y Papel	0.99996	1.00275	0.99595	0.99921	1.02079
12 Otras Manufacturas	0.98134	-0.04601	-7.29448	0.80189	-8.03655
13 Construcción	0.99854	1.01830	0.99533	1.03572	1.23010
14 Comercio, Restauración, Hostelería	0.99270	0.95838	0.82035	0.91695	0.84725
15 Transportes y Comunicación	0.99932	0.81443	1.08101	0.63384	-1.06717
16 Otros Servicios	1.01627	1.19053	1.03020	1.26996	1.55708
Conjunto de la Economía	1.04	1.15	1.54	1.63	1.82

Fuente: Elaboración Propia.

Relacionando la relocalización del recurso con la eficiencia del mismo, podemos observar en la tabla 5 ciertas mejoras sectoriales en la eficiencia en el consumo de agua. En efecto, en aquellos sectores que “ceden” agua en el proceso de relocalización ( $\beta_i < 0$ ) se produce una mejora en la eficiencia ( $\delta_i < 1$ ) -fundamentalmente, maquinaria (7), vehículos y material de transporte (8) y transporte y comunicaciones (15)-. Por el contrario, en aquellos otros en los que se produce un “trasvase” de agua ( $\beta_i > 0$ ), aumenta la ineficiencia ( $\delta_i > 1$ ) -fundamentalmente, textil, confección, cuero y calzado (10), servicios (16) y extractiva (2)-. Estos resultados vuelven a llamar la atención sobre el ínfimo aumento de la eficiencia en el consumo de agua del sector agrario, siendo éste el sector sobre el que se aplicó directamente el aumento de la tarifa del recurso.

Tabla 5. Comparación Relocalización ( $\beta_i$ )-Eficiencia ( $\delta_i$ ) (en términos medios).

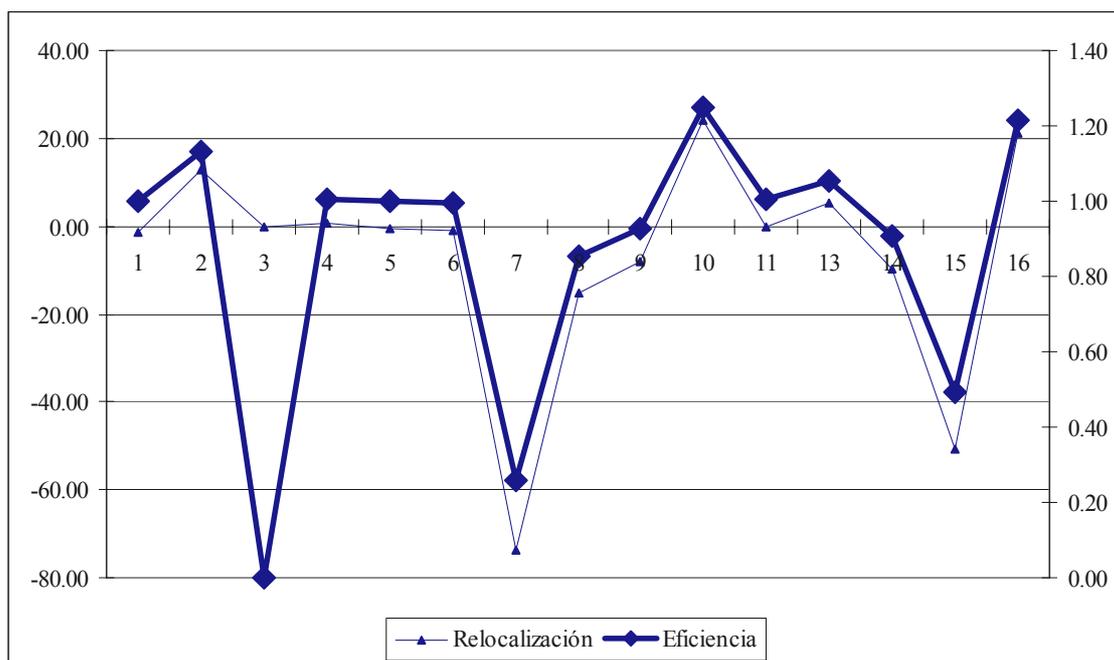
		Relocalización	Eficiencia
1	Agricultura	-1.44	1.00
2	Extractiva	13.03	1.13
3	Agua	0.00	0.00
4	Metalurgia	0.54	1.01
5	Materiales construcción	-0.44	1.00
6	Ind. Químicas y plásticos	-0.95	0.99
7	Maquinaria	-73.87	0.26
8	Vehículos y Material de transporte	-15.03	0.85
9	Ind. Agroalimentaria	-8.11	0.93
10	Textil, confección, cuero y calzado	23.96	1.25
11	Ind. Madera y papel	0.02	1.00
13	Construcción	5.14	1.06
14	Comercio, Restauración y hostelería	-9.74	0.91
15	Transporte y comunicaciones	-50.80	0.49
16	Otros servicios destinados y no a la venta	21.05	1.21

Fuente: Elaboración Propia.

Acompañamos esta explicación con el gráfico siguiente. En él se ha representado en el eje de la izquierda la relocalización del recurso, siendo el punto cero el nivel de referencia; de tal manera que los sectores representados por debajo de dicho nivel están “cediendo” agua a aquellos otros representados por encima. En el eje de la derecha se ha representado la eficiencia, siendo ahora el uno el punto de referencia; así, todos aquellos sectores representados por encima del uno, representan un consumo ineficiente por término medio tras la implantación de la política tarifaria y los que se encuentran por debajo de dicho nivel, presentan un consumo eficiente.

Se observa en el gráfico que aquellos sectores que ceden agua -y su indicador de relocalización es menor que cero y están por ello representados en la parte negativa del eje izquierdo de las YY- coinciden con aquellos en los que se produce un aumento en la eficiencia -y están representados en la parte del eje derecho de las YY menor que la unidad-. Igualmente, los sectores que absorben agua -y se encuentran en la parte positiva del eje izquierdo de las YY- se corresponden con aquellos en los que se produce una reducción en la eficiencia -y se encuentran en la parte del eje derecho de las YY mayor que la unidad-.

Grafico 1. Relocalización-Eficiencia.



Fuente: Elaboración Propia.

Llegados a este punto sería necesario buscar las causas concretas de los resultados obtenidos. Sin embargo, nos parecería demasiado pretencioso hacerlo a partir del modelo agregado utilizado. Dado que una posible explicación de estos resultados radicaría en la fuerte agregación realizada en el modelo, por una parte, y por otra en la imposibilidad de modificar la tecnología de riego –dado los coeficientes técnicos del modelo utilizado–, entendemos que es necesario analizar el sector agrario desagregado en sus diferentes subsectores así como las relaciones productivas de éstos con el resto de la economía; y utilizar para ello un modelo dinámico que incluyera la posibilidad de modificaciones en los coeficientes técnicos que permitieran plantear cambios en la tecnología de riego utilizada en el sector agrario para forzar así alguna reacción sobre el consumo de agua ante una política tarifaria.

## 5. Conclusiones

En este trabajo hemos analizado, aplicando un modelo de equilibrio general, los efectos que tendría un incremento en la tarifa del agua del sector agrario sobre la conservación del recurso, la eficiencia en el consumo y la posible relocalización del recurso entre los diferentes sectores productivos. Hemos realizado cinco simulaciones en las que la tarifa

de agua ha ido progresivamente aumentando, partiendo del nivel actual (0.006 €/m<sup>3</sup>) hasta alcanzar los 0.12 €/m<sup>3</sup>. Tratamos de ver con ello si el esfuerzo que habría de realizar el sector agrario se podría ver compensado con una mejor relocalización del recurso que nos llevara a una mayor eficiencia en el consumo y por ende a una mejor conservación del mismo.

La principal conclusión que se extrae tras el análisis es que una política tarifaria aplicada de forma aislada –sin combinar con otras políticas- y de forma homogénea para todo el sector agrario no parece la medida más adecuada ante objetivos de ahorro de agua en dicho sector. Esta conclusión puede parecer contraria a lo que dictaría, en principio, la lógica económica. Según ésta, una política tarifaria como la simulada debería provocar una relocalización del agua que generara una mayor eficiencia en el consumo del recurso. Sin embargo, hemos podido observar cómo el consumo de agua en el sector agrario apenas se reduce ante la política aplicada, cómo la producción se resiente en algunos de los sectores más dinámicos de la economía regional y cómo la relocalización da lugar a una menor eficiencia en el consumo de agua del conjunto de la economía.

En nuestra opinión, una posible explicación que aclare esta conclusión derivada de los resultados obtenidos sea que una política tarifaria aislada, sin otras medidas complementarias como las mejoras tecnológicas del riego y la modernización del regadío entre otras, puede no ser lo más adecuado. En nuestra opinión, no es aconsejable una política tarifaria única para todo el sector agrario sino que sería necesario discriminar en función de la elasticidad de la demanda de cada uno de los subsectores analizado, además de combinar medidas de política económica con otro tipo de medidas tecnológicas e institucionales.

## Referencias

- Armington, P. S. 1969. “A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production”. *International Monetary Fund, Staff Papers* 16: 159-178.
- André, F.J., Cardenete, M.A., Velázquez, E. 2005. “Performing an environmental tax reform in a regional economy. A computable general equilibrium approach”. *Annals of Regional Science*, 39, 2: 375-392.
- Ballard, C. L., Fullerton, D., Shoven, J. Whalley, J. 1985. *A General Equilibrium Model for Policy Evaluation*. University of Chicago Press, Chicago.

- Centro de Estudios Andaluces
- Berbel J., Gómez-Limón, J.A. 2000. "The impact of water-pricing policy in Spain: an analysis of three irrigated areas". *Agricultural Water Management*, 43 (2): 219-238.
- Bielsa J. 1998. *Modelización de la gestión integrada del agua en el territorio: magnitudes asociadas desde una perspectiva económica* (tesis doctoral). Universidad de Zaragoza.
- Briand, A. 2004. "Comparative water pricing analysis: duality formal-informal in a CGE model for Senegal". Paper presentado en el Congreso *Input-Output and General Equilibrium: Data, Modelling and Policy Analysis*. Bruselas, 2-4 septiembre 2004.
- Cardenete, M. A. 1998. "Una Matriz de Contabilidad Social para la Economía Andaluza: 1990", *Revista de Estudios Regionales* 52: 137-154.
- Cardenete, M.A., Sancho, F. 2003. "An Applied General Equilibrium Model to Assess the Impact of National Tax Changes on a Regional Economy" *Review of Urban Development Studies* 15 (1): 55-65.
- Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 1995. *La tabla input-output medioambiental de Andalucía. 1990. Aproximación a la integración de las variables ambientales en el modelo input-output*. Junta de Andalucía.
- Decaluwe, B.; Patry, A.; Savard, L. 1999. "When water is no longer heaven sent: comparative pricing analysing in a AGE model". *Working paper 9908. CRÉFA 99-05*. Universidad de Laval.
- Dinar, A., Subramanian, A. 1998. "Policy implications from water pricing experiences in various countries". *Water Policy*, 1:239-250.
- Dixon, P.B. 1990. "A general equilibrium approach to public utility pricing: determining prices for a water authority". *Journal of Policy Modelling*, 12 (4): 745-767.
- Doppler, W., Salman A.Z., Al-Karablieh, E.K., Wolff, H-P. 2002. "The impact of water price strategies on the allocation of irrigation water: the case of Jordan Valley". *Agricultural Water Management*, 55 (3): 171-182.
- Duarte, R. 1999. *Estructura productiva y contaminación hídrica en el valle del Ebro. Un análisis input-output*. Tesis Doctoral. Departamento de Análisis Económico. Universidad de Zaragoza.
- Duarte R., Sánchez-Chóliz, J., Bielsa, J. 2002. "Water use in Spanish economy: an input-output approach". *Ecological Economics* 43:71-85.
- Johansson R., Tsur Y., Roe T., Doukkali R., Dinar, A. 2002. "Pricing irrigation water: a review of theory and practice". *Water Policy*, 4 (2): 173-199.
- Kehoe, T.J., Manresa, A., Noyola, P.J., Polo, C., Sancho, F. 1988."A General Equilibrium Analysis of the 1986 Tax Reform in Spain", *European Economic Review* 32: 334-342.
- Kumar R., Young C. 1996. *Economic policies for sustainable water use in Thailand*. International Institute for Environment and Development.

- Lofting, E.M.; Mcgauhey. P.H. 1968. "Economic valuation of water. An input-output analysis of California water requirements". *Contribution* nº116. Water Resources Center.
- Mansur, A., Whalley, J. 1984. "Numerical Specification of Applied General Equilibrium Models: Estimation, Calibration, and Data", en *Applied General Equilibrium Analysis*, H. Scarf y J. B. Shoven (eds.): 69-117.
- Saénz de Miera, G. 1998. *Modelo input-output para el análisis de las relaciones entre la economía y el agua. Aplicación al caso de Andalucía*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- Sánchez-Chóliz, J., Bielsa, J., Arrojo, P. 1992. "Water values for Aragon", *Environmental and Land Issues*. Wissenschaftsverlag vank Kiel KG. Ed. Albusu, L.M. and Romero, C. EAAE, CIHEAM.
- Scarf, H; Shoven, J.B. (Eds.) 1984. *Applied General Equilibrium Analysis*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Seung, C, Harris, T., Englin, J., Netusil, N. 2000a. "Impacts of water reallocation: a combined computable general equilibrium and recreation demand model approach". *The Annals of Regional Science*, 34: 473-487.
- Seung, C.K, Harris, T.R, Englin, J.E, Netusil, N.R. 2000b. "Application of a Computable General Equilibrium (CGE) Model to evaluate surface water relocation policies". *The Review of Regional Studies*, vol 29, nº2: 139-156.
- Shoven, J.B., Whalley, J. 1992. *Applying General Equilibrium*. Cambridge University Press. New York.
- Susangkarn, C., Kumar, R. 1997. "A computable general equilibrium model for Thailand incorporating natural water use and forest resource accounting". *Asian-Pacific Economic Literature*, 12 (2): 196-209.
- Velázquez, E. 2005. "An input-output model of water consumption. Analysing Intersectoral Water Relationships in Andalusia". *Ecological Economics*, forthcoming.